

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 41 023 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 01 F 23/24  
G 01 R 1/20

21 Aktenzeichen: 199 41 023.2  
22 Anmeldetag: 28. 8. 1999  
43 Offenlegungstag: 1. 3. 2001

DE 199 41 023 A 1

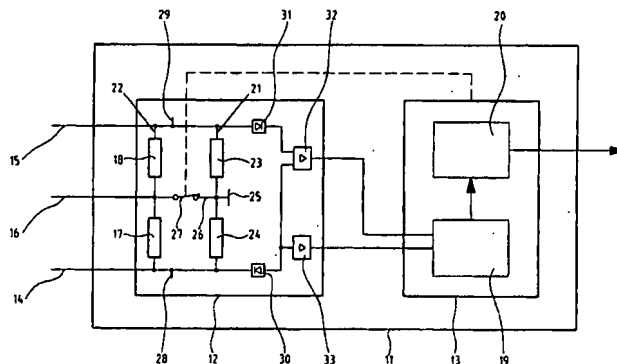
71 Anmelder:  
GESTRA GmbH, 28215 Bremen, DE

72 Erfinder:  
Klattenhoff, Jürgen, 27749 Delmenhorst, DE;  
Schmitz, Günter, 26121 Oldenburg, DE; Schröter,  
Holger, 27321 Morsum, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Messwandler für Füllstandsensoren

57 Messwandler (11) für Füllstandsensoren (4), die eine Messelektrode (6) und eine Kompensationselektrode (9) aufweisen. Der Messwandler (11) weist eine Brückenschaltung auf, deren einer Brückenweig (21) durch zwei in Reihe geschaltete Prüfwiderstände (23, 24) gebildet wird. Der andere Brückenweig (22) wird durch den Messwiderstand (17) an der Messelektrode (6) und den Kompensationswiderstand (18) an der Kompensationselektrode (9) gebildet. Zwischen beiden Brückenweigen (21, 22) ist eine Diagonalleitung (26) mit einem Prüfschalter (27) vorgesehen. Es wird von der Auswerteeinrichtung (13) des Messwandlers (11) so gesteuert, dass die Diagonalleitung (26) außerhalb vorgegebener Prüfzeiten geschlossen und zu vorgegebenen Prüfzeiten unterbrochen ist. Das zwischen beiden Prüfwiderständen (23, 24) gelegene Ende der Diagonalleitung (26) ist mit dem Grundpotential (25) der Mess-Schaltung (12) verbunden. Die Widerstände (17, 18, 23, 24) sind so ausgebildet, dass bei geschlossenem Prüfschalter (27) der zweite Brückenweig (22) die Brückenverstimmung bestimmt, während bei geöffnetem Prüfschalter (27) die Brückenverstimmung durch ersten Brückenweig (21) bestimmt und so eine Grenzwertunterschreitung simuliert wird. Bei nicht entsprechendem Signal der Mess-Schaltung (12) gibt die Auswerteeinrichtung (13) ein Fehlersignal aus. Auf diese Weise prüft der Messwandler (11) selbsttätig seine Funktionsfähigkeit.



DE 199 41 023 A 1

Die Erfindung betrifft ein Steuergerät der im Oberbegriff des Hauptanspruches spezifizierten Art.

In Behältern, z. B. in Dampfkesseln, kann das Absinken des Füllstandes der elektrisch leitenden Flüssigkeit unter einen unteren Grenzwert zu gefährlichen Betriebszuständen führen. In solchen Anlagen muss daher der Füllstand der Flüssigkeit auf Grenzwertunterschreitung überwacht werden.

Für derartige sicherheitsrelevante Überwachungen des Füllstandes finden bevorzugt Füllstandssensoren mit einer Messelektrode und einer Kompensationselektrode Verwendung. Beide Elektroden wirken mit einer Gegenelektrode zusammen. Die Messelektrode dient der eigentlichen Überwachung des Füllstandes. Die Kompensationselektrode ist vorhanden, um fehlerhafte Signale zu unterbinden, die andernfalls, durch sich eventuell bildende elektrisch leitende Niederschläge oder Belege auf den Füllstandssensoren verursacht werden könnten. Als Gegenelektrode kann beispielsweise ein die anderen beiden Elektroden mit Abstand umgebendes elektrisch leitendes Rohr vorgesehen sein (US PS 3 910 118). Es ist aber durchaus auch üblich, den elektrisch leitenden Behälter als Gegenelektrode fungieren zu lassen (DE PS 25 31 915). Die Füllstandssensoren sind zur Bildung des Füllstandsignals bei Grenzwertunterschreitung an Messwandler angeschlossen.

In einigen Einsatzfällen besteht die Forderung, die Messwandler selbstüberwachend auszubilden, siehe beispielsweise die "Technischen Regeln für Dampfkessel" (TRD 604). Die Messwandler sollen in vorgegebenen Zeitabständen selbsttätig ihre Fähigkeit prüfen, bei auftretender Grenzwertunterschreitung zuverlässig das entsprechende Alarmsignal geben zu können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Messwandler der eingangs genannte Art zu schaffen, in dem solche Selbstüberwachung erfolgt.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Während der Überwachung des Füllstandes im Behälter ist der Prüfschalter geschlossen, also auf Durchgang geschaltet. Der sich im Behälter ausbildende Messwiderstand sowie der Kompensationswiderstand bestimmen die Brückenverstimmung und damit das Ausgangssignal des Messwandlers. Bei einer Grenzwertunterschreitung gibt der Messwandler ein entsprechendes Füllstandsignal aus. Liegt der Füllstand oberhalb des Grenzwertes, wird dies vom Messwandler signalisiert. Zu vorgegebenen Zeitpunkten prüft der Messwandler seine Funktionsfähigkeit darauf, ob im Falle einer Grenzwertunterschreitung des Füllstandes ein entsprechendes Füllstandsignal erzeugt werden könnte. Hierzu wird der Prüfschalter geöffnet. Der Messwiderstand und der Kompensationswiderstand sind dann für die Brückenverstimmung nicht von Bedeutung. Sie wird vielmehr durch die beiden Prüfwiderstände bestimmt, die den Zustand "Grenzwertunterschreitung" simulieren. Bei der Prüfung muss in der Auswerteeinrichtung das Füllstandsignal "Flüssigkeitsmangel" gebildet werden können. Ist dies nicht der Fall, liegt ein Fehler vor und der Messwandler gibt ein entsprechendes Fehlersignal aus. Die Prüfung ist unabhängig von der Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Behälter.

Die Merkmale des Anspruches 2 wirken sich sehr vorteilhaft auf die Generierung eines ausgeprägten Füllstandsignals aus. Die Merkmale des Anspruches 3 bewirken eine besonders starke Verstimmung der Brückenschaltung, wenn die Messelektrode in die Flüssigkeit eingetaucht ist. Diese starke Verstimmung ist entgegengesetzt zu der durch die Prüfwiderstände definierten Brückenverstimmung. Die Si-

gnalbildung ist unabhängig von eventuellen Schwankungen oder Unterschieden der Versorgungsspannung des Messwandlers.

Die Weiterbildung des Messwandlers nach Anspruch 4 weist eine besonders vorteilhafte Ermittlung der Brückenverstimmung und der Signalbildung auf. Das gewonnene Signal ist unabhängig von eventuellen Schwankungen in der Speisespannung der Mess-Schaltung. Die Signalbildung mit digitalen Mitteln wird gleichfalls erleichtert.

Die Steuerung der Prüfungen sowie die Signalbildung lässt sich besonders vorteilhaft entsprechend Anspruch 5 realisieren.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisiert dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 den Messwandler, der an den Füllstandssensor eines Behälters angeschlossen ist und

Fig. 2 den Messwandler in detaillierterer Darstellung.

Fig. 1 zeigt einen Behälter 1, in dem der Füllstand 2 einer darin befindlichen elektrisch leitenden Flüssigkeit 3 mit einem Füllstandssensor 4 überwacht werden soll. Der Füllstandssensor 4 weist eine im Behälter 1 bis zu einem vorgegebenen unteren Grenzwert 5 hinabreichende Messelektrode 6 auf. Im Bereich der Behälterwand 7 ist die Messelektrode 6 von einer Isolation 8 umgeben, die wiederum von einer Kompensationselektrode 9 umgeben ist. Die Kompensationselektrode 9 ist zum einen durch die Isolation 8 elektrisch gegen die Messelektrode 6 und zum anderen durch eine weitere Isolation 10 gegen die Behälterwand 7 elektrisch isoliert.

Ein elektronischer Messwandler 11 weist eine Mess-Schaltung 12 und eine Auswerteeinrichtung 13 auf. Die Mess-Schaltung 12 ist über eine erste Leitung 14 mit der Messelektrode 6 und über eine zweite Leitung 15 mit der Kompensationselektrode 9 des Füllstandssensors 4 elektrisch leitend verbunden. Die Behälterwand 7 fungiert als Gegenelektrode für die Messelektrode 6 und die Kompensationselektrode 9. Sie ist zu diesem Zweck über eine dritte Leitung 16 an die Mess-Schaltung 12 angeschlossen.

Entsprechend dem umgebenden Medium – Flüssigkeit oder gasförmiges Medium – bildet sich zwischen der Messelektrode 6 und der Behälterwand 7 ein elektrischer Messwiderstand 17 und zwischen der Kompensationselektrode 9 und der Behälterwand 7 ein Kompensationswiderstand 18 aus. In Fig. 1 sind sie symbolisch in Strichellinie dargestellt.

Die Auswerteeinrichtung 13 weist einen Analog-Digital-Wandler 19 und einen Mikroprozessor 20 auf (Fig. 2). Die Mess-Schaltung 12 weist eine Brückenschaltung mit zwei Brückenzeigen 21, 22 auf. Im ersten Brückenweig 21 sind zwei Prüfwiderstände 23, 24 in Reihe geschaltet. Die Verbindung zwischen den beiden Prüfwiderständen 23, 24 ist mit dem Grundpotential 25 der Mess-Schaltung 12 verbunden. Die Leitungen 14, 15, 16 sind derart an die Mess-Schaltung 12 angeschlossen, dass der Messwiderstand 17 und der Kompensationswiderstand 18 in Reihe geschaltet sind und gemeinsam den zweiten Brückenweig 22 bilden. Beide Brückenzeigen 21, 22 sind an den Verbindungen ihrer beiden Widerstände 17, 18; 23, 24, also mittig über eine Diagonalleitung 26 miteinander verbunden, in der ein von der Auswerteeinrichtung 13 betätigter Prüfschalter 27 vorgesehen ist. Beide Brückenzeigen 21, 22 sind außerdem an ihren Enden miteinander und über Versorgungsleitungen 28, 29 an eine nicht dargestellte Wechselspannungsquelle angeschlossen. An beide Enden des ersten Brückenzeuges 21 ist jeweils ein Gleichrichterglied 30, 31 angeschlossen. Jedes Gleichrichterglied 30, 31 misst die Brückenteilspannung zwischen dem jeweiligen Ende des Brückenzeuges 21 und dem Grundpotential 25 und bildet eine entsprechende

Gleichspannung. Die Gleichspannungen beider Gleichrichterglieder 30, 31 werden in einem als Summierglied nachgeschalteten ersten Operationsverstärker 32 addiert und verstärkt. Die Gleichspannung des Gleichrichtergliedes 30, das mit dem dem Messwiderstand 17 benachbarten Ende des Brückenzeiges 21 verbunden ist, wird separat in einem zweiten Operationsverstärker 33 verstärkt, und zwar um den gleichen Faktor wie die andere Gleichspannung.

Die Oberfläche der Messelektrode 6 innerhalb des Behälters 1 ist deutlich größer ausgebildet als die Oberfläche der Kompensationselektrode 9. Daher ist der Kompensationswiderstand 18 deutlich größer als der Messwiderstand 17. Dies gilt, wenn die Messelektrode 6 allein in die Flüssigkeit 3 eingetaucht ist, aber auch, wenn zusätzlich die Kompensationselektrode 9 in die Flüssigkeit 3 eingetaucht sein sollte oder sie elektrisch leitende Beläge/Niederschläge aufweist. Die Flüssigkeit 3 im Behälter 1 weist eine wesentlich größere elektrische Leitfähigkeit auf als das darüber befindliche gasförmige Medium, z. B. Luft oder Wasserdampf.

Die Widerstandswerte der beiden Prüf Widerstände 23, 24 stehen in einem Verhältnis zueinander, das kleiner ist als das Verhältnis der Widerstandswerte des Messwiderstandes 17 und des Kompensationswiderstandes 18. Dies bezieht sich auf deren Verhältnis, wenn sowohl die Messelektrode 6 als auch die Kompensationselektrode 9 in die Flüssigkeit 3 eingetaucht ist. Im ersten Brückenzeig 21 ist die Reihenfolge höherer/niedrigerer Widerstandswert allerdings konträr zur Reihenfolge der Widerstandswerte im zweiten Brückenzeig 22. Im diesem weist, wie bereits erwähnt, der Messwiderstand 17 den niedrigeren Wert und der Kompensationswiderstand 18 den höheren Wert auf. Im ersten Brückenzeig 21 weist hingegen der zum Messwiderstand 17 parallele Prüf Widerstand 24 den höheren Widerstandswert beider Prüf Widerstände 23, 24 auf. Mit anderen Worten: Der Prüf Widerstand 24 ist um einen Faktor größer als der Prüf Widerstand 23, der kleiner ist als der Faktor, um den der Kompensationswiderstand 18 größer ist als der Messwiderstand 17.

Der Füllstand 2 im Behälter 1 soll darauf überwacht werden, ob er den vorgegebenen unteren Grenzwert 5 unterschreitet. Zur Überwachung des Füllstandes 2 wird der Prüfschalter 27 von der Auswerteeinrichtung 13 geschlossen, gesteuert durch den Mikroprozessor 20. Befindet sich der Füllstand 2 oberhalb des Grenzwertes 5, ist der sich zwischen der Messelektrode 6 und der Behälterwand 7 ausbildende Messwiderstand 17 kleiner als der sich zwischen der Kompensationselektrode 9 und der Behälterwand 7 ausbildende Kompensationswiderstand 18. Im übrigen ist der Messwiderstand 17 auch um so viel kleiner als die Prüf Widerstände 23, 24 und das Verhältnis von Messwiderstand 17 zu Kompensationswiderstand 18 um so viel größer als das Verhältnis der Prüf Widerstände 23, 24, dass der zweite Brückenzeig 22 bei der Brückenverstimmung dominiert. Er verursacht eine Brückenverstimmung, mit einer niedrigen Brückenteilschaltung am Gleichrichterglied 30 und einer hohen Brückenteilschaltung am Gleichrichterglied 31. Von den Gleichrichtergliedern 30, 31 gelangen entsprechende Spannungssignale über die Operationsverstärker 32, 33 in die Auswerteeinheit 13. In dem Analog-Digital-Wandler 19 werden aus den analogen Spannungssignalen der Mess-Schaltung 12 Digitalwerte gebildet, aus denen der Mikroprozessor 20 ein Füllstandssignal "Füllstand ausreichend" bildet. Hierzu wird die durch den Operationsverstärker 32 gebildete Summe beider Teilspannungen durch das aus dem Operationsverstärker 33 erhaltene Spannungssignal dividiert. Eventuelle Schwankungen der über die Versorgungsleitungen 28, 29 eingespeisten Versorgungsspannung beeinflussen die Signalbildung nicht.

Unterschreitet der Füllstand 2 im Behälter 1 den Grenz-

wert 5, dann ist die Messelektrode 6 aus der Flüssigkeit 3 ausgetaucht. Der Messwiderstand 17 und der Kompensationswiderstand 18 nehmen folglich beide sehr hohe Widerstandswerte an. Sie liegen so weit über denen der Prüf Widerstände 23, 24, dass jetzt der erste Brückenzeig 21 dominiert. Da der Prüf Widerstand 23 den niedrigeren und der Prüf Widerstand 24 den höheren Widerstandswert aufweist, bewirkt der Brückenzeig 21 eine entgegengesetzte Brückenverstimmung. Die an das Gleichrichterglied 30 gelangende Brückenteilschaltung ist dann höher als die am Gleichrichterglied 31 anliegende. Die Auswerteeinrichtung 13 gibt daraufhin das Füllstandssignal "Flüssigkeitsmangel".

Periodisch prüft der Messwandler 11 selbsttätig seine Funktionsfähigkeit darauf, ob im Falle einer Grenzwertunterschreitung des Füllstandes 2 zuverlässig das entsprechende Füllstandssignal gegeben werden kann. Die Prüfung erfolgt, solange der Füllstand 2 den Grenzwert 5 nicht unterschreitet, also keine Grenzwertunterschreitung vorliegt. Diese Bedingung prüft die Auswerteeinrichtung 13 über den Mikroprozessor 20 vor der Funktionsprüfung.

Zur Funktionsprüfung wird der Prüfschalter 27 von der Auswerteeinrichtung 13 so angesteuert, dass er von der Stellung "Schalter geschlossen" für eine vorgegebene Prüfdauer in die Stellung "Schalter offen" umschaltet. Während der erfolgten Unterbrechung der Diagonalleitung 26 hat der zweite Brückenzeig 22 keinen Einfluss auf die Brückenverstimmung. Diese wird während der Prüfung einzig von dem ersten Brückenzeig 21 bestimmt. Wie zuvor angegeben, simuliert der erste Brückenzeig 21 den Zustand "Grenzwertunterschreitung" und führt dementsprechend zu einer höheren Brückenteilschaltung am Gleichrichterglied 30 und einer geringeren am Gleichrichterglied 31. Die von dort via Operationsverstärker 32, 33 in die Auswerteeinrichtung 13 gelangenden Spannungssignale werden vom Mikroprozessor 20 ausgewertet. Führt die Auswertung intern in der Auswerteeinrichtung 13 zu dem adäquaten Füllstandssignal "Flüssigkeitsmangel", wird nach Ende der Prüfdauer der Prüfschalter 27 von der Auswerteeinrichtung 13 so angesteuert, dass er wieder schließt und die Überwachung des Füllstandes 2 fortgesetzt wird. Ein Füllstandssignal "Flüssigkeitsmangel" wird im Zuge der kurzzeitigen Prüfung von der Auswerteeinrichtung 13 nicht ausgegeben. Kommt es allerdings während der Prüfung in der Auswerteeinrichtung 13 nicht zu dem Füllstandssignal "Flüssigkeitsmangel", liegt ein Fehler in dem Messwandler 11 vor und die Auswerteeinrichtung 13 gibt ein Fehlersignal aus. Eventuelle sicherheitsrelevante Funktionsfehler des Messwandlers 11 werden auf diese Weise erkannt.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Behälter
- 2 Füllstand
- 3 Flüssigkeit
- 4 Füllstandssensor
- 5 Grenzwert
- 6 Messelektrode
- 7 Behälterwand
- 8 Isolation
- 9 Kompensationselektrode
- 10 Isolation
- 11 Messwandler
- 12 Mess-Schaltung
- 13 Auswerteeinrichtung
- 14 Leitung
- 15 Leitung
- 16 Leitung
- 17 Messwiderstand

18 Kompensationswiderstand  
 19 Analog-Digital-Wandler  
 20 Mikroprozessor  
 21 Brückenzeig  
 22 Brückenzeig  
 23 Prüf Widerstand  
 24 Prüf Widerstand  
 25 Grundpotential  
 26 Diagonalleitung  
 27 Prüfschalter  
 28 Versorgungsleitung  
 29 Versorgungsleitung  
 30 Gleichrichterglied  
 31 Gleichrichterglied  
 32 Operationsverstärker  
 33 Operationsverstärker

#### Patentansprüche

1. Messwandler für Füllstandsensoren, die eine Messelektrode und eine Kompensationselektrode aufweisen, die zur Überwachung von Grenzwertunterschreitungen des Füllstandes einer elektrisch leitenden Flüssigkeit beide mit einer Gegenelektrode zusammenwirken, mit  
 – einer Mess-Schaltung für den Anschluss der Messelektrode, der Kompensationselektrode und der Gegenelektrode und  
 – einer an die Mess-Schaltung angeschlossenen Auswerteeinrichtung zur Bildung eines Alarmsignals bei Grenzwertunterschreitung, wobei  
 – die Mess-Schaltung zwei in Reihe geschaltete Prüf Widerstände aufweist, die einen ersten Zweig einer Brückenschaltung bilden, und  
 – die Messelektrode, die Kompensationselektrode und die Gegenelektrode so an die Mess-Schaltung angeschlossen sind, dass der sich zwischen der Messelektrode und der Gegenelektrode entsprechend dem Füllstand der elektrisch leitenden Flüssigkeit ausbildende elektrische Messwiderstand mit dem sich zwischen der Kompensationselektrode und der Gegenelektrode ausbildenden elektrischen Kompensationswiderstand in Reihe geschaltet ist und diese beiden Widerstände gemeinsam den zweiten Zweig der Brückenschaltung bilden,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 – zwischen den beiden Brückenzeigen (21, 22) eine Diagonalleitung (26) mit einem Prüfschalter (27) vorgesehen ist,  
 – Steuerungsmittel (13) für den Prüfschalter (27) vorgesehen sind, die außerhalb vorgegebener Prüfzeiten den Prüfschalter (27) schließen und ihn zu vorgegebenen Prüfzeiten öffnen,  
 – das zwischen beiden Prüf Widerständen (23, 24) gelegene Ende der Diagonalleitung (26) mit dem Grundpotential (25) der Mess-Schaltung (12) verbunden ist,  
 – die Widerstände (17, 18, 23, 24) der Brückenschaltung so ausgebildet sind, dass bei geschlossenem Prüfschalter (27) die signalbestimmende Brückenverstimmung der Messbrücke durch zweiten Brückenzeig (22) bestimmt wird, während bei geöffnetem Prüfschalter (27) die Brückenverstimmung durch ersten Brückenzeig (21) bestimmt und eine Grenzwertunterschreitung simuliert wird, wobei die Auswerteeinrichtung (13) bei nicht entsprechendem Signal der Mess-Schal-

tung (12) ein Fehlersignal gibt.  
 2. Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
 – die Prüf Widerstände (23, 24) im ersten Brückenzeig (21) so gestaltet sind, dass ihre Widerstandswerte in einem Verhältnis stehen, das kleiner ist als das Verhältnis der Widerstandswerte des Messwiderstandes (17) und des Kompensationswiderstandes (18), wenn die Messelektrode (6) und die Kompensationselektrode (9) beide in die Flüssigkeit (3) eingetaucht sind, und  
 – die Reihenfolge des höherer und des niedrigerer Widerstandswertes in beiden Brückenzeigen (21, 22) konträr ist.  
 3. Steuergerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
 – der eine Prüf Widerstand (23) einen höheren Widerstandswert aufweist als der Messwiderstand (17) bei eingetauchter Messelektrode (6),  
 – der andere Prüf Widerstand (24) einen höheren Widerstandswert aufweist als der Kompensationswiderstand (18) bei eingetauchter Kompensationselektrode (9) und  
 – die Widerstandswerte der Prüf Widerstände (23, 24) um so viel höher sind, dass bei in die Flüssigkeit (3) eingetauchter Messelektrode (6) der zweite Brückenzeig (22) die Brückenverstimmung der Messbrücke dominiert.  
 4. Steuergerät nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
 – beide Brückenzeige (21, 22) an ihren benachbarten Enden miteinander verbunden sind,  
 – Mittel (30) zur Messung einer ersten Brückenteilspannung zwischen dem Grundpotential (25) und der einen endseitigen Verbindung beider Brückenzeige (21, 22) vorgesehen sind,  
 – Mittel (31) zur Messung einer zweiten Brückenteilspannung zwischen dem Grundpotential (25) und der anderen endseitigen Verbindung beider Brückenzeige (21, 22) vorgesehen sind,  
 – ein Summierglied (32) vorgesehen ist, das beide Brückenteilspannungen summiert, und  
 – die Auswerteeinrichtung (13) zur Signalbildung die Summe beider Brückenteilspannungen durch die an dem dem Messwiderstand (17) nahen Ende gemessene Brückenteilspannung dividiert.  
 5. Messwandler nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (13) einen Analog-Digital-Wandler (19) für die eingehenden Signalspannungen der Mess-Schaltung (12) und einen Mikroprozessor (20) zur Steuerung des Prüfschalters (20) und zur Signalbildung aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

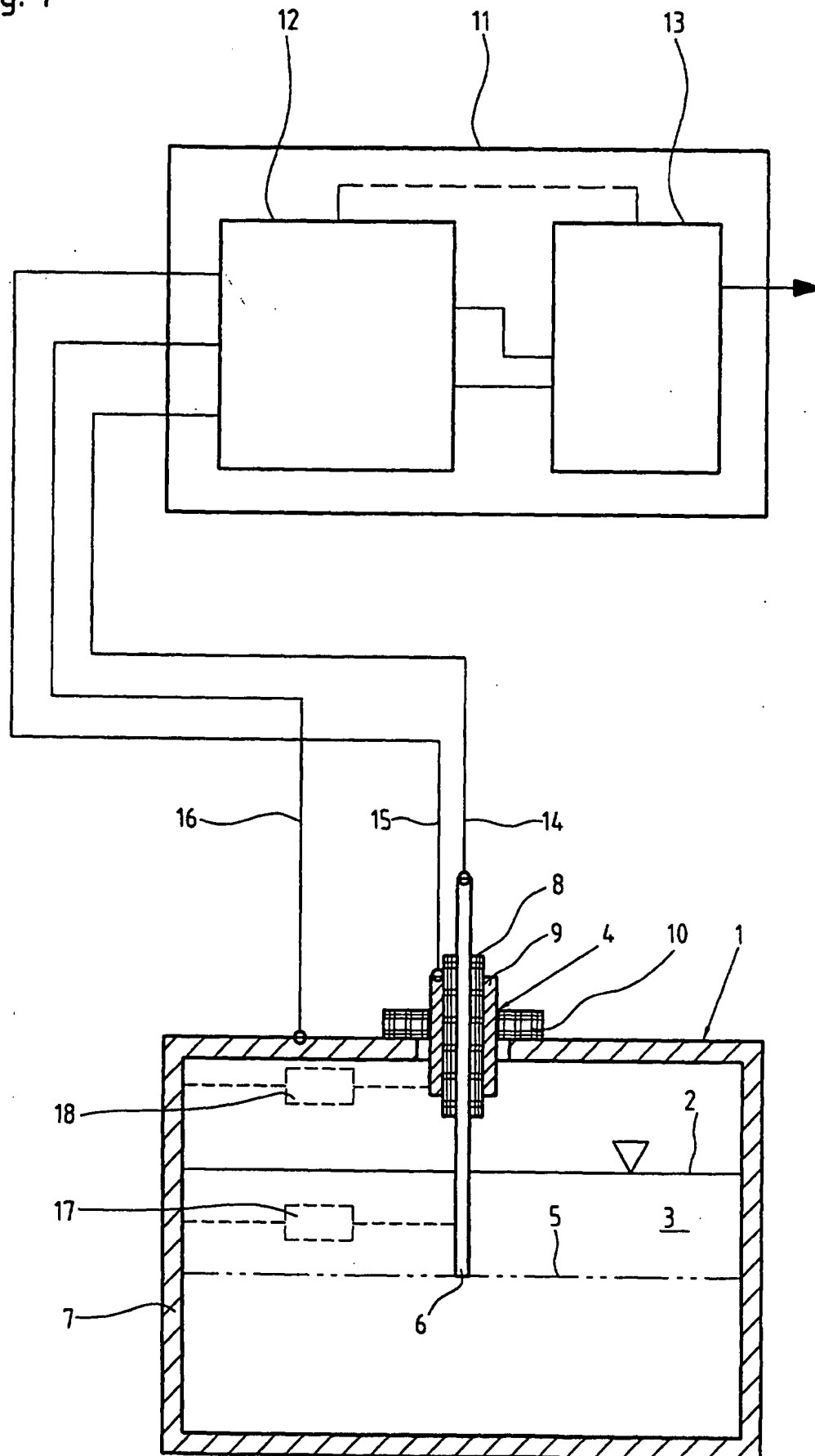


Fig. 2

